

## **Sistema Automático de Ocho Canales para la Medida de Velocidad de Propagación en Líquidos por Ultrasonidos**

REFERENCIA PACS: 43.35.Yd

Higuti, R. <sup>1</sup>; Curpián J. <sup>2</sup>; Montero de Espinosa, F. R. <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Unesp - FEIS - Dep. Ing. Eléctrica., Av. Brasil 364, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil, tel/fax. +55 18 762 2125, e-mail: tokio@dee.feis.unesp.br (actualmente en el Instituto de Acústica - CSIC)

<sup>2</sup>Univ. Jaén, Dep. Electrónica, EUP Linares, Alfonso X el Sabio 28, 23700, Linares, España

<sup>3</sup>Instituto de Acústica - CSIC, Serrano 144, 28006, Madrid, España, tel: +34 91 561 8806, fax: +34 91 411 7651, e-mail: pmontero@ia.cetef.csic.es

### **Abstract**

It is presented a multichannel ultrasonic system for the measurement of the differential propagation velocity in liquids, consisting of eight pairs of transducers operating in the through-transmission mode, a multiplexer and a standard transmission-reception and acquisition system. It presents a low cross-talk between channels and it can be measured changes in the velocity of the order of 0.002%.

### **Resumen**

Se presenta un sistema ultrasónico multicanales para la medida de la variación en la velocidad de propagación en líquidos, que consiste de ocho parejas de transductores operando en el modo emisión-recepción, un multiplexor y un sistema patrón de excitación y adquisición de datos. El sistema presenta un cross-talk bajo entre canales, y se puede medir cambios en la velocidad de propagación en orden del 0,002%.

### **INTRODUCCIÓN**

La caracterización de emulsiones, suspensiones y otros tipos de mezclas de líquidos es un tópico de interés en muchos sectores de la producción. Por ejemplo, la contaminación de líquidos por otros líquidos o sólidos, como en combustibles y descarga de agua de procesos industriales, tienen su importancia económica y ecológica. En fábricas hidroeléctricas, el aceite utilizado para lubricación y refrigeración de las máquinas puede ponerse contaminado por agua y partículas metálicas, que deben ser detectadas en concentraciones menores que el 1% en volumen para prevenir daños en los componentes del sistema [1]. En la industria de alimentos, hay diversas aplicaciones de interés, como la determinación de la concentración y tamaño de partículas, que están relacionados con la apariencia, sabor y estabilidad de los productos. Además, en muchas ocasiones es necesario realizar mediciones en diversas muestras o en distintos puntos del flujo del líquido y de forma paralela, lo que requiere un sistema con varios canales.

Las técnicas de medida por ultrasonidos son adecuadas a tales problemas, pues pueden ser no invasivas, no destructivas, pueden ser utilizadas en medios ópticamente no transparentes y a partir de los parámetros acústicos medidos, como la velocidad de propagación, el coeficiente de atenuación

y la impedancia característica, se puede determinar indirectamente otras propiedades físicas y químicas de la muestra.

En este trabajo se presenta un sistema ultrasónico automático multicanales para la medida de la velocidad de propagación en líquidos, donde se mide la variación de la velocidad de propagación en función del tiempo. El sistema es adecuado para la medida de cambios de propiedades de líquidos con el tiempo, como por ejemplo efectos de precipitación. Como ejemplo de aplicación se mide el efecto de precipitación en muestras de leche y zumo de naranja.

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema desarrollado está representado en la fig. 1, y es compuesto por ocho parejas de transductores piezocerámicos que operan en el modo emisión-recepción, un multiplexor de ocho canales (MUX), un generador de señales, amplificador, osciloscopio digital y ordenador. El MUX es controlado por el ordenador por medio de la interfaz serie (RS232), y a cada conmutación, una pareja de transductores es conectada al estadio de transmisión/recepción. La señal amplificada es entonces digitalizada por el osciloscopio (Tektronix TDS220), y transferida al ordenador por una interfaz IEEE 488 (GPIB), donde se hace el procesamiento y almacenamiento de los datos. La resolución en la medida del tiempo es de 0,02 ns, y se puede medir cambios en la velocidad de propagación del orden de aproximadamente un 0,002% (datos en agua).

A seguir se describen los transductores desarrollados, el circuito del multiplexor y el programa de adquisición y control.

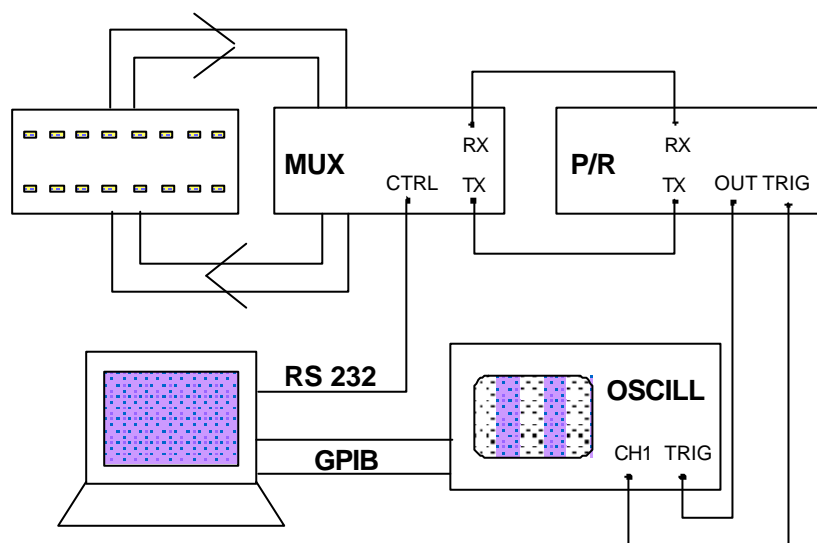


Fig. 1: Diagrama de bloques del sistema.

## Transductores

La célula de medida consiste de ocho parejas de transductores operando en el modo emisión-recepción en inmersión, con temperatura controlada a 0,01°C, donde normalmente se utiliza agua como medio de transmisión. Los transductores han sido desarrollados en el laboratorio, y cada uno consiste de una cerámica piezoeléctrica PZ27, de 4 MHz, con *backing* de polímero cargado con alumina. Los transductores están dispuestos sobre dos placas de metacrilato, que hacen la interfaz con el agua, una para los emisores y otra para los receptores. Especial atención es dada a la alineación de los transductores durante el montaje. En la fig. 2 se muestra la respuesta impulsiva típica de uno de los transductores.

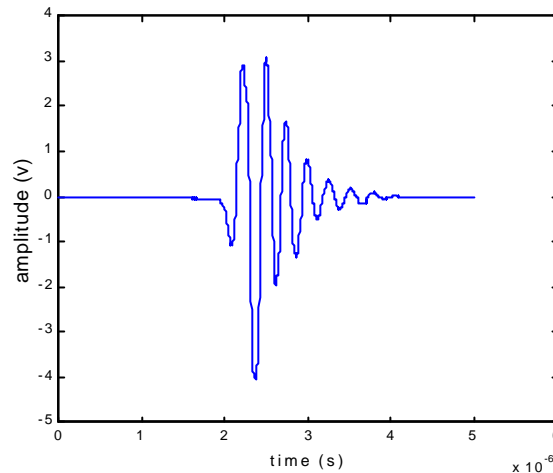


Figura 2: Respuesta impulsiva de uno de los 16 transductores.

### Multiplexor

El multiplexor es el responsable por realizar las conmutaciones de las ocho parejas de transductores. Un diagrama de bloques está indicado en la fig. 3. Para realizar la selección entre los canales, se utiliza, en la parte de recepción, un multiplexor, y en la parte de transmisión, ocho relés. La selección es realizada con tres bits, generados por un contador binario cuya señal de reloj proviene de la señal de control de la interfaz serie. El multiplexor utilizado es el MAX455, que incluye un buffer de salida, eliminando así problemas de casamiento de impedancia con el circuito de recepción [2]. Esta configuración, donde tanto los transmisores cuanto los receptores son conmutados, resulta en un *cross-talk* bajo entre los canales, mejor que 80 dB.

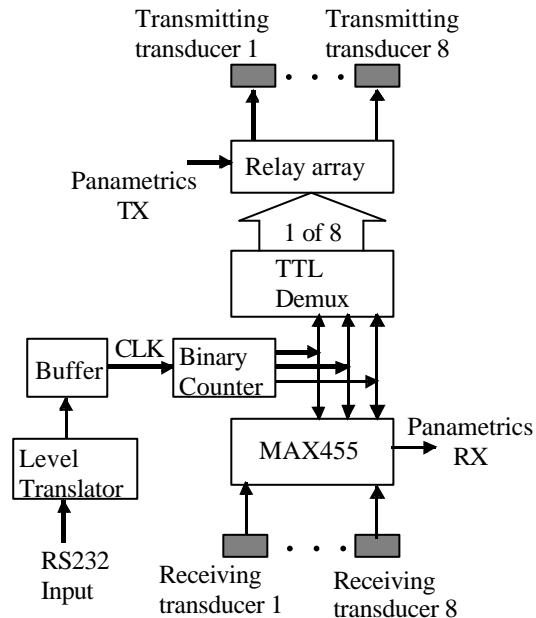


Fig. 3: Diagrama de bloques del multiplexor.

### Software

El programa desarrollado (fig. 4) presenta una interfaz amigable, donde el usuario puede cambiar manualmente los canales para efecto de ajuste de las señales en el osciloscopio, determinar el tiempo total, bien como el intervalo entre adquisiciones. El procedimiento normal para la operación es: inicialmente antes de empezar la adquisición, se debe hacer un ajuste de las muestras, alineando los

recipientes de las muestras (que pueden estar en botellas u otro tipo de reservatorio) de modo que se tenga máxima amplitud de la señal recibida. En seguida, se ajusta y guarda el setup del osciloscopio para cada canal. Hay cinco setups disponibles en el TDS220, y se puede ajustar a los distintos canales de forma independiente. Al iniciarse la adquisición, el programa envía las señales para la conmutación del multiplexor, controla y lee los datos del osciloscopio, los procesa y genera un archivo de salida. El programa tiene la capacidad de ajustar automáticamente los setups del osciloscopio, y así se puede estudiar muestras donde el cambio en la velocidad de propagación es grande con el tiempo.

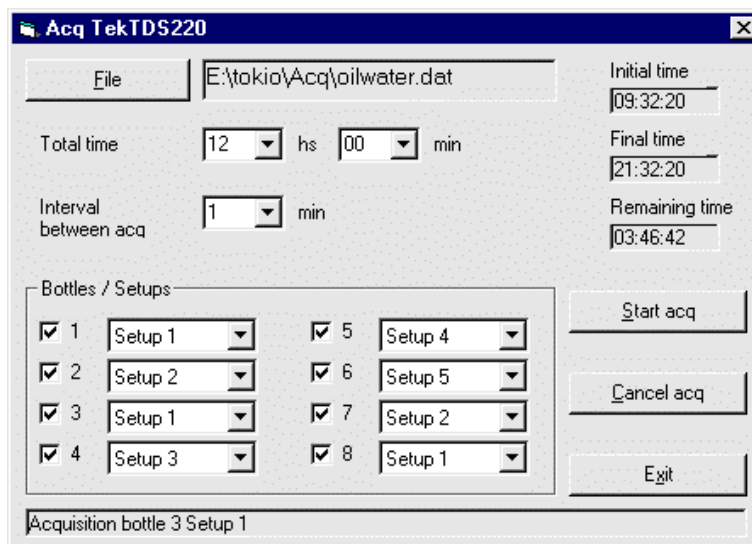


Fig. 4: Programa de adquisición y control.

Como ejemplo de aplicación se muestra, en la fig. 5, resultados de medida de la variación del tiempo de propagación en función del tiempo, de muestras de zumos de naranja, siendo dos comerciales y uno natural. De los zumos comerciales, uno es natural congelado, mientras que el otro es reconstituído de zumo concentrado. Las muestras de zumo fueron mantenidas a la temperatura de 25°C, y se observan efectos de precipitación de la pulpa. En la primera media hora las muestras alcanzan el equilibrio térmico, y se observan a partir de ahí distintos comportamientos. El zumo congelado precipita rápidamente y de manera más prolongada que los zumos de la fruta y 100% natural. El zumo 100% natural tarda más en precipitar, que puede ser observado en la pendiente más pequeña de la curva correspondiente, mientras que se observa que el zumo de la fruta también precipita rápido, pero presenta una firma distinta del zumo congelado, lo que muestra que la congelación cambia la estabilidad del zumo.

## CONCLUSIONES

El sistema desarrollado ha sido probado durante varios meses, y ha presentado excelente fiabilidad y robustez. Las resoluciones alcanzadas permiten estudiar pequeñas variaciones en la velocidad de propagación en líquidos. Como caso particular, se han estudiado las firmas que presentan distintos zumos de naranja tanto comerciales como naturales. El sistema es capaz de detectar en pocas horas, en forma no invasiva, el proceso de fabricación de distintos zumos.

## AGRADECIMIENTOS

Al CNPq, de Brasil, por la concesión de una beca para la estancia en el Instituto de Acústica.

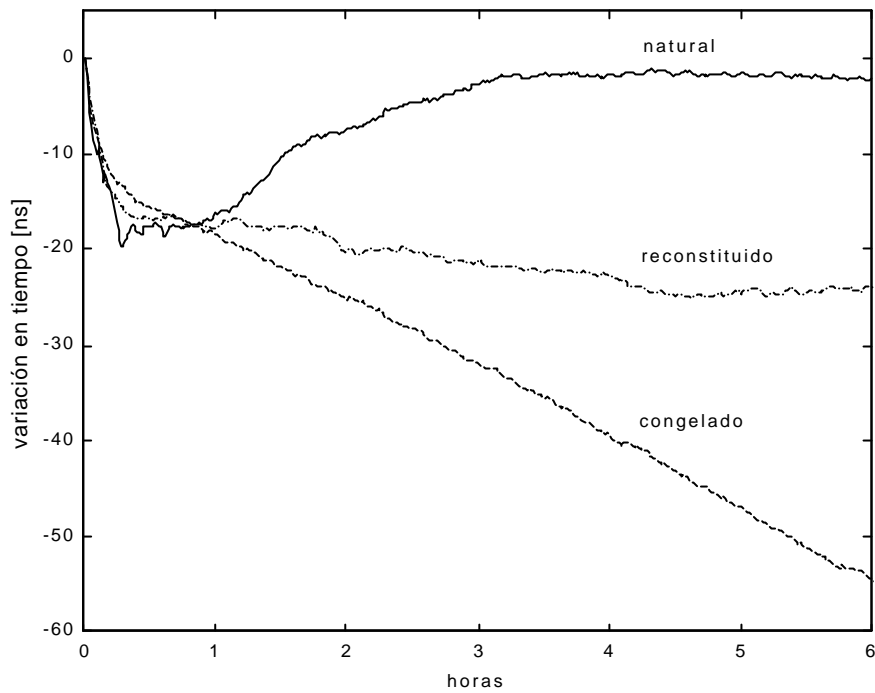


Fig. 5: Efecto de precipitación en zumos de naranja.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. T. Higuti, F. Bacaneli, C. M. Furukawa and J. C. Adamowski. Ultrasonic characterization of emulsions: milk and water-in-oil. *Proc. IEEE International Ultrasonics Sympo-sium*, Lake Tahoe, USA, October 1999.
- [2] Maxim Integrated Products. 1996.